

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 9 月 18 日 (18.09.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/076119 A1

(51) 国際特許分類⁷: B23K 26/38, B28D 5/00, H01L 21/301

[JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の
1 Shizuoka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/02867

(22) 国際出願日: 2003 年 3 月 11 日 (11.03.2003)

(72) 発明者; および

(25) 国際出願の言語: 日本語

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 福世 文嗣
(FUKUYO, Fumitsugu) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜
松市 市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会
社内 Shizuoka (JP). 福満 憲志 (FUKUMITSU, Kenshi)
[JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の
1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-67372 2002 年 3 月 12 日 (12.03.2002) JP

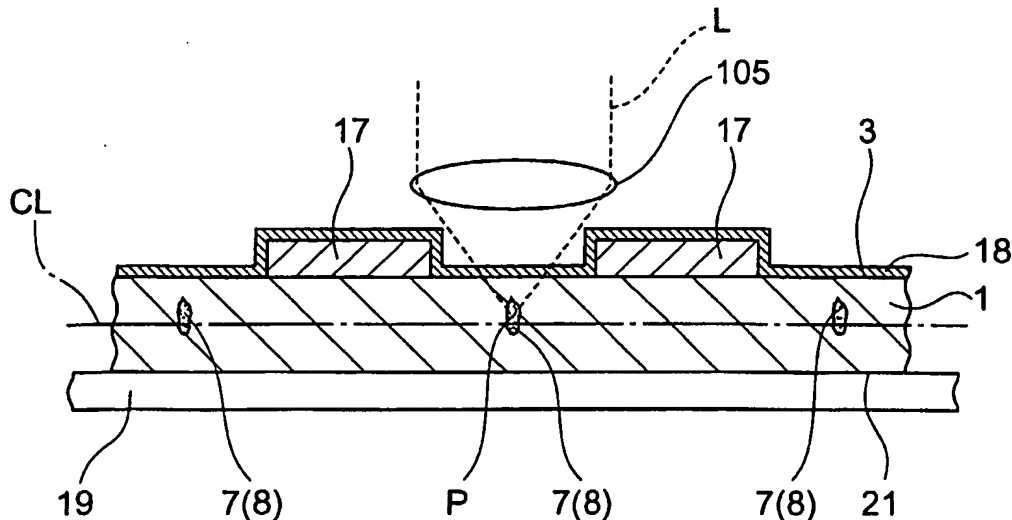
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホト
ニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.);
〒104-0061 東京都 中央区 銀座一丁目10番6号 銀座
ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF CUTTING PROCESSED OBJECT

(54) 発明の名称: 加工対象物切断方法



(57) Abstract: A method of cutting a processed object capable of accurately cutting a processed object, comprising the steps of radiating laser beam (L) to the inside of the processed object (1) such as a silicon wafer with a condensing point (P) focused thereto to form reformed areas (7) in the processed object (1) by absorbing multiple photons, forming cut start areas (8) eccentric from the centerline (CL) of the processed object (1) in thickness direction to the surface (3) side of the processed object (1) along a predicted cut line, and pressing the processed object (1) from the rear (21) side thereof, whereby the processed object (1) can be accurately cut along the predicted cut line by producing cracking starting at the cut start areas (8).

(57) 要約: 加工対象物を精度良く切断することのできる加工対象物切断方法を提供する。シリコンウェハ等の加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを照射し、加工対象物1の内部に多光子吸収による改質領域7を形成し、この改質領域7によって、加工対象物1の厚さの中心線CLから加工対象物1の表面3側に偏倚した切断起点領域8を切断予定ラインに

[続葉有]

WO 03/076119 A1



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

沿って形成する。続いて、加工対象物1の裏面21側から加工対象物を押圧する。これにより、切断起点領域8を起点として割れを発生させ、切断予定ラインに沿って加工対象物1を精度良く切断することができる。

明細書

加工対象物切断方法

技術分野

- 5 本発明は、半導体材料基板、圧電材料基板やガラス基板等の加工対象物を切断するための加工対象物切断方法に関する。

背景技術

- 10 レーザ応用の一つに切断があり、レーザによる一般的な切断は次の通りである。例えば半導体ウェハやガラス基板のような加工対象物の切断する箇所、加工対象物が吸収する波長のレーザ光を照射し、レーザ光の吸収により切断する箇所において加工対象物の表面から裏面に向けて加熱溶融を進行させて加工対象物を切断する。しかし、この方法では加工対象物の表面のうち切断する箇所となる領域周辺も溶融される。よって、加工対象物が半導体ウェハの場合、半導体ウェハの表面に形成された半導体素子のうち、上記領域付近に位置する半導体素子が溶融する恐れがある。

- 15 このような加工対象物の表面の溶融を防止する方法として、例えば、特開 2 0 0 0 - 2 1 9 5 2 8 号公報や特開 2 0 0 0 - 1 5 4 6 7 号公報に開示されたレーザによる切断方法がある。これらの公報の切断方法では、加工対象物の切断する箇所をレーザ光により加熱し、そして加工対象物を冷却することにより、加工対象物の切断する箇所に熱衝撃を生じさせて加工対象物を切断する。

- 20 発明の開示

- しかし、これらの公報の切断方法では、加工対象物に生じる熱衝撃が大きいと、加工対象物の表面に、切断予定ラインから外れた割れやレーザ照射していない先の箇所までの割れ等の不必要な割れが発生することがある。よって、これらの切断方法では精密切断をすることができない。特に、加工対象物が半導体ウェハ、液晶表示装置が形成されたガラス基板や電極パターンが形成されたガラス基板
- 25 の場合、この不必要な割れにより半導体チップ、液晶表示装置や電極パターンが

損傷することがある。また、これらの切断方法では平均入力エネルギーが大きいので、半導体チップ等に与える熱的ダメージも大きい。

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、加工対象物を精度良く切断することのできる加工対象物切断方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明に係る加工対象物切断方法は、ウェハ状の加工対象物の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、加工対象物の厚さ方向における中心位置から加工対象物の一端面側に偏倚した切断起点領域を加工対象物の切断予定ラインに沿って形成する切断起点領域形成工程と、加工対象物の他端面側から加工対象物を押圧する押圧工程とを備えることを特徴とする。

この加工対象物切断方法においては、多光子吸収により形成される改質領域によって、加工対象物を切断すべき所望の切断予定ラインに沿って加工対象物の内部に切断起点領域を形成する。このとき、多光子吸収は加工対象物の内部で局所的に発生し、加工対象物の一端面やその反対側の他端面ではレーザ光がほとんど吸収されないため、レーザ光の照射による一端面及び他端面の熔融を防止することができる。そして、加工対象物の厚さ方向における中心位置から一端面側に偏倚して切断起点領域が形成されているため、他端面側から加工対象物を押圧すると、当該中心位置に切断起点領域が形成されている場合に比べ、小さな押圧力で切断起点領域を起点として加工対象物に割れを発生させることができる。したがって、切断予定ラインから外れた不必要な割れの発生を防止して加工対象物を切断予定ラインに沿って精度良く切断することが可能になる。

ここで、集光点とは、レーザ光が集光した箇所のことである。また、切断起点領域とは、加工対象物が切断される際に切断の起点となる領域を意味する。したがって、切断起点領域は、加工対象物において切断が予定される切断予定部である。そして、切断起点領域は、改質領域が連続的に形成されることで形成される

場合もあるし、改質領域が断続的に形成されることで形成される場合もある。また、「加工対象物の厚さ方向における中心位置から加工対象物の一端面側に偏倚した切断起点領域を形成する」とは、切断起点領域を構成する改質領域が、加工対象物の厚さ方向における厚さの半分の位置から一端面側に偏倚して形成されることを意味する。つまり、加工対象物の厚さ方向における改質領域（切断起点領域）の幅の中心位置が、加工対象物の厚さ方向における中心位置から一端面側に偏倚して位置している場合を意味し、改質領域（切断起点領域）の全ての部分が加工対象物の厚さ方向における中心位置に対して一端面側に位置している場合のみに限る意味ではない。

- 5
- 10 また、押圧工程では、切断予定ラインに沿って加工対象物を押圧することが好ましい。例えば、加工対象物の他端面に積層部として機能素子がマトリックス状に形成されている場合において当該加工対象物を機能素子毎に切断するようとき、隣り合う機能素子間に切断予定ラインを設定し、この切断予定ラインに沿って加工対象物を押圧すれば、機能素子毎に正確に加工対象物を切断することができる。しかも、機能素子への押圧力の作用をほぼなくすることができる。
- 15

また、切断起点領域形成工程では、加工対象物に対する切断予定ラインの位置データを記憶し、押圧工程では、位置データに基づいて、切断予定ラインに沿って加工対象物を押圧することが好ましい。これにより、加工対象物の内部に形成された切断起点領域に対して容易且つ正確に押圧力を作用させることが可能になる。

20

図面の簡単な説明

図 1 は、本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工中の加工対象物の平面図である。

図 2 は、図 1 に示す加工対象物のII-II線に沿った断面図である。

- 25 図 3 は、本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工後の加工対象物の平面図である。

図 4 は、図 3 に示す加工対象物のIV－IV線に沿った断面図である。

図 5 は、図 3 に示す加工対象物のV－V線に沿った断面図である。

図 6 は、本実施形態に係るレーザ加工方法により切断された加工対象物の平面図である。

5 図 7 は、本実施形態に係るレーザ加工方法における電界強度とクラックスポットの大きさとの関係を示すグラフである。

図 8 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 1 工程における加工対象物の断面図である。

10 図 9 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 2 工程における加工対象物の断面図である。

図 10 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 3 工程における加工対象物の断面図である。

図 11 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 4 工程における加工対象物の断面図である。

15 図 12 は、本実施形態に係るレーザ加工方法により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。

図 13 は、本実施形態に係るレーザ加工方法におけるレーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。

図 14 は、本実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成図である。

20 図 15 は、本実施形態に係る切断起点領域形成工程を説明するためのフローチャートである。

図 16 は、実施例 1 に係る加工対象物の平面図である。

図 17 は、実施例 1 に係る加工対象物の作製工程を示す断面図である。

図 18 は、実施例 1 に係る切断起点領域形成工程を示す断面図である。

25 図 19 は、実施例 1 に係る加工対象物において切断起点領域が中心線を跨いで位置する場合を示す断面図である。

図 20 は、実施例 1 に係る加工対象物において切断起点領域の全ての部分が中心線に対して表面側に位置する場合を示す断面図である。

図 21 は、実施例 1 に係る加工対象物において裏面側の切断起点領域が中心線上に位置し、表面側の切断起点領域が裏面側の切断起点領域と表面との間に位置する場合を示す断面図である。

図 22 は、実施例 1 に係る押圧工程を示す断面図である。

図 23 は、実施例 1 に係る拡張シートの拡張工程を示す断面図である。

図 24 は、実施例 1 に係る切断起点領域形成工程において加工対象物の裏面側からレーザ光を照射する場合を示す断面図である。

図 25 は、実施例 2 に係る切断起点領域形成工程を示す断面図である。

図 26 は、実施例 2 に係る押圧工程を示す断面図である。

図 27 は、実施例 2 に係る切断起点領域形成工程において加工対象物の裏面側からレーザ光を照射する場合を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面と共に本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。本実施形態に係る加工対象物切断方法の切断起点領域形成工程では、加工対象物の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成する。そこで、このレーザ加工方法、特に多光子吸収について最初に説明する。

材料の吸収のバンドギャップ E_g よりも光子のエネルギー $h\nu$ が小さいと光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は $h\nu > E_g$ である。しかし、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると $n h\nu > E_g$ の条件 ($n = 2, 3, 4, \dots$) で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度 (W/cm^2) で決まり、例えばピークパワー密度が $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザ光

の1パルス当たりのエネルギー) ÷ (レーザ光のビームスポット断面積×パルス幅) により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点の電界強度 (W/cm^2) で決まる。

このような多光子吸収を利用する本実施形態に係るレーザ加工の原理について、図1～図6を参照して説明する。図1はレーザ加工中の加工対象物1の平面図であり、図2は図1に示す加工対象物1のII-II線に沿った断面図であり、図3はレーザ加工後の加工対象物1の平面図であり、図4は図3に示す加工対象物1のIV-IV線に沿った断面図であり、図5は図3に示す加工対象物1のV-V線に沿った断面図であり、図6は切断された加工対象物1の平面図である。

図1及び図2に示すように、加工対象物1の表面3には、加工対象物1を切断すべき所望の切断予定ライン5がある。切断予定ライン5は直線状に延びた仮想線である(加工対象物1に実際に線を引いて切断予定ライン5としてもよい)。本実施形態に係るレーザ加工は、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して改質領域7を形成する。なお、集光点とはレーザ光Lが集光した箇所のことである。

レーザ光Lを切断予定ライン5に沿って(すなわち矢印A方向に沿って)相対的に移動させることにより、集光点Pを切断予定ライン5に沿って移動させる。これにより、図3～図5に示すように改質領域7が切断予定ライン5に沿って加工対象物1の内部にのみ形成され、この改質領域7でもって切断起点領域(切断予定部)8が形成される。本実施形態に係るレーザ加工方法は、加工対象物1がレーザ光Lを吸収することにより加工対象物1を発熱させて改質領域7を形成するのではない。加工対象物1にレーザ光Lを透過させ加工対象物1の内部に多光子吸収を発生させて改質領域7を形成している。よって、加工対象物1の表面3ではレーザ光Lがほとんど吸収されないので、加工対象物1の表面3が溶融することはない。

加工対象物1の切断において、切断する箇所に起点があると加工対象物1はそ

の起点から割れるので、図6に示すように比較的小さな力で加工対象物1を切断することができる。よって、加工対象物1の表面3に不必要な割れを発生させることなく加工対象物1の切断が可能となる。

5 なお、切断起点領域を起点とした加工対象物の切断には、次の2通りが考えられる。1つは、切断起点領域形成後、加工対象物に人為的な力が印加されることにより、切断起点領域を起点として加工対象物が割れ、加工対象物が切断される場合である。これは、例えば加工対象物の厚さが大きい場合の切断である。人為的な力が印加されるとは、例えば、加工対象物の切断起点領域に沿って加工対象物に曲げ応力やせん断応力を加えたり、加工対象物に温度差を与えることにより
10 熱応力を発生させたりすることである。他の1つは、切断起点領域を形成することにより、切断起点領域を起点として加工対象物の断面方向（厚さ方向）に向かって自然に割れ、結果的に加工対象物が切断される場合である。これは、例えば加工対象物の厚さが小さい場合には、1列の改質領域により切断起点領域が形成されることで可能となり、加工対象物の厚さが大きい場合には、厚さ方向に複数
15 列形成された改質領域により切断起点領域が形成されることで可能となる。なお、この自然に割れる場合も、切断する箇所において、切断起点領域が形成されていない部位に対応する部分の表面上にまで割れが先走ることがなく、切断起点領域を形成した部位に対応する部分のみを切断することができるので、切断を制御よくすることができる。近年、シリコンウェハ等の加工対象物の厚さは薄くなる
20 傾向にあるので、このような制御性のよい割断方法は大変有効である。

さて、本実施形態において多光子吸収により形成される改質領域としては、次の(1)～(3)がある。

(1) 改質領域が1つ又は複数のクラックを含むクラック領域の場合

25 加工対象物（例えばガラスや LiTaO_3 からなる圧電材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザ光を照射する。このパルス幅の大きさは、多光

子吸収を生じさせつつ加工対象物の表面に余計なダメージを与えずに、加工対象物の内部にのみクラック領域を形成できる条件である。これにより、加工対象物の内部には多光子吸収による光学的損傷という現象が発生する。この光学的損傷により加工対象物の内部に熱ひずみが誘起され、これにより加工対象物の内部にクラック領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm²) である。パルス幅は例えば1 ns ~ 200 ns が好ましい。なお、多光子吸収によるクラック領域の形成は、例えば、第45回レーザ熱加工研究会論文集(1998年、12月)の第23頁~第28頁の「固体レーザー高調波によるガラス基板の内部マーキング」に記載されている。

10 本発明者は、電界強度とクラックの大きさとの関係を実験により求めた。実験条件は下記の通りである。

(A) 加工対象物：パイレックス(登録商標)ガラス(厚さ700 μm)

(B) レーザ

光源：半導体レーザ励起Nd:YAGレーザ

15 波長：1064 nm

レーザ光スポット断面積： 3.14×10^{-8} cm²

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：100 kHz

パルス幅：30 ns

20 出力：出力<1 mJ/パルス

レーザ光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

レーザ光波長に対する透過率：60パーセント

25 (D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度：100 mm/秒

なお、レーザ光品質がTEM₀₀とは、集光性が高くレーザ光の波長程度まで集

光可能を意味する。

図 7 は上記実験の結果を示すグラフである。横軸はピークパワー密度であり、レーザ光がパルスレーザ光なので電界強度はピークパワー密度で表される。縦軸は 1 パルスのレーザ光により加工対象物の内部に形成されたクラック部分（クラックスポット）の大きさを示している。クラックスポットが集まりクラック領域となる。クラックスポットの大きさは、クラックスポットの形状のうち最大の長さとなる部分の大きさである。グラフ中の黒丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が 100 倍、開口数（NA）が 0.80 の場合である。一方、グラフ中の白丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が 50 倍、開口数（NA）が 0.55 の場合である。ピークパワー密度が 10^{11} (W/cm^2) 程度から加工対象物の内部にクラックスポットが発生し、ピークパワー密度が大きくなるに従いクラックスポットも大きくなることから分かる。

次に、本実施形態に係るレーザ加工において、クラック領域形成による加工対象物の切断のメカニズムについて図 8～図 11 を用いて説明する。図 8 に示すように、多光子吸収が生じる条件で加工対象物 1 の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を加工対象物 1 に照射して切断予定ラインに沿って内部にクラック領域 9 を形成する。クラック領域 9 は 1 つ又は複数のクラックを含む領域である。このクラック領域 9 でもって切断起点領域が形成される。図 9 に示すようにクラック領域 9 を起点として（すなわち、切断起点領域を起点として）クラックがさらに成長し、図 10 に示すようにクラックが加工対象物 1 の表面 3 と裏面 21 に到達し、図 11 に示すように加工対象物 1 が割れることにより加工対象物 1 が切断される。加工対象物の表面と裏面に到達するクラックは自然に成長する場合もあるし、加工対象物に力が印加されることにより成長する場合もある。

（2）改質領域が熔融処理領域の場合

加工対象物（例えばシリコンのような半導体材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が 1μ

s以下の条件でレーザ光を照射する。これにより加工対象物の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により加工対象物の内部に熔融処理領域が形成される。熔融処理領域とは一旦熔融後再固化した領域や、まさに熔融状態の領域や、熔融状態から再固化する状態の領域であり、相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、熔融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。加工対象物がシリコン単結晶構造の場合、熔融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm²) である。パルス幅は例えば1 ns ~ 200 ns が好ましい。

本発明者は、シリコンウェハの内部で熔融処理領域が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

(A) 加工対象物：シリコンウェハ（厚さ350 μm、外径4インチ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザ励起Nd：YAGレーザ

波長：1064 nm

レーザ光スポット断面積： 3.14×10^{-8} cm²

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：100 kHz

パルス幅：30 ns

出力：20 μJ / パルス

レーザ光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

倍率：50倍

N. A. : 0.55

レーザ光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度：100mm/秒

- 5 図12は、上記条件でのレーザ加工により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。シリコンウェハ11の内部に熔融処理領域13が形成されている。なお、上記条件により形成された熔融処理領域13の厚さ方向の大きさは100 μ m程度である。

- 10 熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを説明する。図13は、レーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。ただし、シリコン基板の表面側と裏面側それぞれの反射成分を除去し、内部のみの透過率を示している。シリコン基板の厚さ t が50 μ m、100 μ m、200 μ m、500 μ m、1000 μ mの各々について上記関係を示した。

- 15 例えば、Nd:YAGレーザの波長である1064nmにおいて、シリコン基板の厚さが500 μ m以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザ光が80%以上透過することが分かる。図12に示すシリコンウェハ11の厚さは350 μ mであるので、多光子吸収による熔融処理領域13はシリコンウェハの中心付近、つまり表面から175 μ mの部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ200 μ mのシリコンウェハを参考にすると、90%以上なので、レーザ光がシリコ
- 20 ンウェハ11の内部で吸収されるのは僅かであり、ほとんどが透過する。このことは、シリコンウェハ11の内部でレーザ光が吸収されて、熔融処理領域13がシリコンウェハ11の内部に形成（つまりレーザ光による通常の加熱で熔融処理領域が形成）されたものではなく、熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを意味する。多光子吸収による熔融処理領域の形成は、例えば、溶接学会全国大会講演概要第66集（2000年4月）の第72頁～第73頁の「ピコ秒パルスレーザによるシリコンの加工特性評価」に記載されている。
- 25

なお、シリコンウェハは、熔融処理領域でもって形成される切断起点領域を起点として断面方向に向かって割れを発生させ、その割れがシリコンウェハの表面と裏面とに到達することにより、結果的に切断される。シリコンウェハの表面と裏面に到達するこの割れは自然に成長する場合もあるし、シリコンウェハに力が印加されることにより成長する場合もある。なお、切断起点領域からシリコンウェハの表面と裏面とに割れが自然に成長する場合には、切断起点領域を形成する熔融処理領域が熔融している状態から割れが成長する場合と、切断起点領域を形成する熔融処理領域が熔融している状態から再固化する際に割れが成長する場合とのいずれもある。ただし、どちらの場合も熔融処理領域はシリコンウェハの内部のみに形成され、切断後の切断面には、図 1 2 のように内部にのみ熔融処理領域が形成されている。加工対象物の内部に熔融処理領域でもって切断起点領域を形成すると、割断時、切断起点領域ラインから外れた不必要な割れが生じにくいので、割断制御が容易となる。

(3) 改質領域が屈折率変化領域の場合

加工対象物（例えばガラス）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が 1 ns 以下の条件でレーザー光を照射する。パルス幅を極めて短くして、多光子吸収を加工対象物の内部に起こさせると、多光子吸収によるエネルギーが熱エネルギーに転化せずに、加工対象物の内部にはイオン価数変化、結晶化又は分極配向等の永続的な構造変化が誘起されて屈折率変化領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm^2) である。パルス幅は例えば 1 ns 以下が好ましく、 1 ps 以下がさらに好ましい。多光子吸収による屈折率変化領域の形成は、例えば、第 4 2 回レーザー熱加工研究会論文集（1997 年、11 月）の第 105 頁～第 111 頁の「フェムト秒レーザー照射によるガラス内部への光誘起構造形成」に記載されている。

以上、多光子吸収により形成される改質領域として (1) ～ (3) の場合を説

明したが、ウェハ状の加工対象物の結晶構造やその劈開性などを考慮して切断起点領域を次のように形成すれば、その切断起点領域を起点として、より一層小さな力で、しかも精度良く加工対象物を切断することが可能になる。

すなわち、シリコンなどのダイヤモンド構造の単結晶半導体からなる基板の場合、
5 (1 1 1) 面 (第 1 劈開面) や (1 1 0) 面 (第 2 劈開面) に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。また、GaAs などの閃亜鉛鉱型構造の III-V 族化合物半導体からなる基板の場合は、(1 1 0) 面に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。さらに、サファイア (Al_2O_3) などの六方晶系の結晶構造を有する基板の場合は、(0 0 0 1) 面 (C 面) を主面として
10 (1 1 2 0) 面 (A 面) 或いは (1 1 0 0) 面 (M 面) に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。

なお、上述した切断起点領域を形成すべき方向 (例えば、単結晶シリコン基板における (1 1 1) 面に沿った方向)、或いは切断起点領域を形成すべき方向に直交する方向に沿って基板にオリエンテーションフラットを形成すれば、そのオリエンテーションフラットを基準とすることで、切断起点領域を形成すべき方向
15 に沿った切断起点領域を容易且つ正確に基板に形成することが可能になる。

次に、上述したレーザ加工方法に使用されるレーザ加工装置について、図 1 4 を参照して説明する。図 1 4 はレーザ加工装置 1 0 0 の概略構成図である。

レーザ加工装置 1 0 0 は、レーザ光 L を発生するレーザ光源 1 0 1 と、レーザ光 L の出力やパルス幅等を調節するためにレーザ光源 1 0 1 を制御するレーザ光源制御部 1 0 2 と、レーザ光 L の反射機能を有しかつレーザ光 L の光軸の向きを
20 90° 変えるように配置されたダイクロイックミラー 1 0 3 と、ダイクロイックミラー 1 0 3 で反射されたレーザ光 L を集光する集光用レンズ 1 0 5 と、集光用レンズ 1 0 5 で集光されたレーザ光 L が照射される加工対象物 1 が載置される載置台 1 0 7 と、載置台 1 0 7 を X 軸方向に移動させるための X 軸ステージ 1 0 9
25 と、載置台 1 0 7 を X 軸方向に直交する Y 軸方向に移動させるための Y 軸ステー

ジ111と、載置台107をX軸及びY軸方向に直交するZ軸方向に移動させるためのZ軸ステージ113と、これら3つのステージ109, 111, 113の移動を制御するステージ制御部115とを備える。

5 この集光点PのX(Y)軸方向の移動は、加工対象物1をX(Y)軸ステージ109(111)によりX(Y)軸方向に移動させることにより行う。Z軸方向は、加工対象物1の表面3と直交する方向なので、加工対象物1に入射するレーザー光Lの焦点深度の方向となる。よって、Z軸ステージ113をZ軸方向に移動させることにより、加工対象物1の内部にレーザー光Lの集光点Pを合わせることができる。これにより、例えば、加工対象物1が多層構造を有しているような場
10 合に、加工対象物1の基板や或いは当該基板上の積層部等、所望の位置に集光点Pを合わせることができる。

レーザー光源101はパルスレーザー光を発生するNd:YAGレーザーである。レーザー光源101に用いることができるレーザーとして、この他、Nd:YVO₄レーザー、Nd:YLFレーザーやチタンサファイアレーザーがある。本実施形態では、
15 加工対象物1の加工にパルスレーザー光を用いているが、多光子吸収を起こさせることができるなら連続波レーザー光でもよい。

レーザー加工装置100はさらに、載置台107に載置された加工対象物1を可視光線により照明するために可視光線を発生する観察用光源117と、ダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105と同じ光軸上に配置された可視光用のビームスプリッタ119とを備える。ビームスプリッタ119と集光用レンズ105との間にダイクロイックミラー103が配置されている。ビームスプリッタ119は、可視光線の約半分を反射し残りの半分を透過する機能を有しかつ可視光線の光軸の向きを90°変えるように配置されている。観察用光源117から発生した可視光線はビームスプリッタ119で約半分が反射され、この反射された可視光線がダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105を透過し、
20 加工対象物1の切断予定ライン5等を含む表面3を照明する。なお、加工対象物

1の裏面が集光用レンズ105側となるよう加工対象物1が載置台107に載置された場合は、ここでいう「表面」が「裏面」となるのは勿論である。

レーザ加工装置100はさらに、ビームスプリッタ119、ダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105と同じ光軸上に配置された撮像素子121及び結像レンズ123を備える。撮像素子121としては例えばCCDカメラがある。切断予定ライン5等を含む表面3を照明した可視光線の反射光は、集光用レンズ105、ダイクロイックミラー103、ビームスプリッタ119を透過し、結像レンズ123で結像されて撮像素子121で撮像され、撮像データとなる。

レーザ加工装置100はさらに、撮像素子121から出力された撮像データが入力される撮像データ処理部125と、レーザ加工装置100全体を制御する全体制御部127と、モニタ129とを備える。撮像データ処理部125は、撮像データを基にして観察用光源117で発生した可視光の焦点を加工対象物1の表面3上に合わせるための焦点データを演算する。この焦点データを基にしてステージ制御部115がZ軸ステージ113を移動制御することにより、可視光の焦点が加工対象物の表面3に合うようにする。よって、撮像データ処理部125はオートフォーカスユニットとして機能する。また、撮像データ処理部125は、撮像データを基にして表面3の拡大画像等の画像データを演算する。この画像データは全体制御部127に送られ、全体制御部で各種処理がなされ、モニタ129に送られる。これにより、モニタ129に拡大画像等が表示される。

全体制御部127には、ステージ制御部115からのデータ、撮像データ処理部125からの画像データ等が入力し、これらのデータも基にしてレーザ光源制御部102、観察用光源117及びステージ制御部115を制御することにより、レーザ加工装置100全体を制御する。よって、全体制御部127はコンピュータユニットとして機能する。

次に、上述したレーザ加工装置100を使用した場合の切断起点領域形成工程について、図14及び図15を参照して説明する。図15は、本実施形態に係る

切断起点領域形成工程を説明するためのフローチャートである。

- 加工対象物 1 の光吸収特性を図示しない分光光度計等により測定する。この測定結果に基づいて、加工対象物 1 に対して透明な波長又は吸収の少ない波長のレーザ光 L を発生するレーザ光源 1 0 1 を選定する (S 1 0 1)。続いて、加工対象物 1 の厚さを測定する。厚さの測定結果及び加工対象物 1 の屈折率を基にして、加工対象物 1 の Z 軸方向の移動量を決定する (S 1 0 3)。これは、レーザ光 L の集光点 P を加工対象物 1 の内部に位置させるために、加工対象物 1 の表面 3 に位置するレーザ光 L の集光点 P を基準とした加工対象物 1 の Z 軸方向の移動量である。この移動量は全体制御部 1 2 7 に入力される。
- 加工対象物 1 をレーザ加工装置 1 0 0 の載置台 1 0 7 に載置する。そして、観察用光源 1 1 7 から可視光を発生させて加工対象物 1 を照明する (S 1 0 5)。照明された切断予定ライン 5 を含む加工対象物 1 の表面 3 を撮像素子 1 2 1 により撮像する。撮像素子 1 2 1 により撮像された撮像データは撮像データ処理部 1 2 5 に送られる。この撮像データに基づいて撮像データ処理部 1 2 5 は観察用光源 1 1 7 の可視光の焦点が表面 3 に位置するような焦点データを演算する (S 1 0 7)。
- この焦点データはステージ制御部 1 1 5 に送られる。ステージ制御部 1 1 5 は、この焦点データを基にして Z 軸ステージ 1 1 3 を Z 軸方向の移動させる (S 1 0 9)。これにより、観察用光源 1 1 7 の可視光の焦点が加工対象物 1 の表面 3 に位置する。なお、撮像データ処理部 1 2 5 は撮像データに基づいて、切断予定ライン 5 を含む加工対象物 1 の表面 3 の拡大画像データを演算する。この拡大画像データは全体制御部 1 2 7 を介してモニタ 1 2 9 に送られ、これによりモニタ 1 2 9 に切断予定ライン 5 付近の拡大画像が表示される。
- 全体制御部 1 2 7 には予めステップ S 1 0 3 で決定された移動量データが入力されており、この移動量データがステージ制御部 1 1 5 に送られる。ステージ制御部 1 1 5 はこの移動量データに基づいて、レーザ光 L の集光点 P が加工対象物

1の内部となる位置に、Z軸ステージ113により加工対象物1をZ軸方向に移動させる(S111)。

5 続いて、レーザ光源101からレーザ光Lを発生させて、レーザ光Lを加工対象物1の表面3の切断予定ライン5に照射する。レーザ光Lの集光点Pは加工対象物1の内部に位置しているので、改質領域は加工対象物1の内部にのみ形成される。そして、切断予定ライン5に沿うようにX軸ステージ109やY軸ステージ111を移動させて、切断予定ライン5に沿って改質領域を形成し、この改質領域によって、加工対象物1の内部に切断予定ライン5に沿った切断起点領域を形成する(S113)。

10 以下、実施例により、本発明についてより具体的に説明する。

[実施例1]

本発明に係る加工対象物切断方法の実施例1について説明する。なお、図17、図18及び図22～図24は、図16に示す加工対象物1のXVII-XVII線に沿った部分断面図である。また、図19～図21は、図16に示す加工対象物1の
15 XIX-XIX線に沿った部分断面図である。

図16及び図17に示すように、シリコンウェハである加工対象物1の表面3に、加工対象物1のオリエンテーションフラット16と平行に複数の機能素子17をマトリックス状に形成して、加工対象物1を作製する。この加工対象物1の表面3側には、 SiO_2 等の絶縁膜18が形成され、この絶縁膜18によって表
20 面3と機能素子17とが覆われている。

したがって、加工対象物1は基板であり、機能素子17及び絶縁膜18は、基板の表面に設けられた積層部である。ここで、基板の表面に設けられた積層部とは、基板の表面に堆積されたもの、基板の表面に貼り合わされたもの、或いは基板の表面に取り付けられたもの等をいい、基板に対し異種材料であるか同種材料
25 であるかは問わない。そして、基板の表面に設けられた積層部には、基板に密着して設けられるものや、基板と間隙を取って設けられるもの等がある。例として

は、基板上に結晶成長により形成された半導体動作層、基板上に形成された機能素子（フォトダイオード等の受光素子やレーザダイオード等の発光素子、或いは回路として形成された回路素子等を意味する）、ガラス基板上に貼り合わされた他のガラス基板等があり、積層部は異種材料を複数層形成したものも含む。

- 5 続いて、図 18 に示すように、加工対象物 1 の裏面 21 に拡張可能な拡張フィルム 19 を貼り付けた後、例えば上述のレーザ加工装置 100 の載置台 107 上に、加工対象物 1 の表面 3 側が集光用レンズ 105 に対面するように加工対象物 1 を載置する。そして、加工対象物 1 の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を照射し、加工対象物 1 の内部に改質領域 7 を形成し、この改質領域 7 によって、
- 10 加工対象物 1 の表面（レーザ光入射面）3 から所定距離内側に切断起点領域 8 を切断予定ライン 5 に沿って形成する（切断起点領域形成工程）。なお、加工対象物 1 がシリコンウェハであるため、改質領域 7 としては熔融処理領域が形成される。

- この切断起点領域形成工程では、図 19 に示すように、加工対象物 1 の厚さ方向における中心位置を通る中心線 CL から、表面（一端面）3 側に偏倚した切断
- 15 起点領域 8 を切断予定ライン 5 に沿って形成する。例として、シリコンウェハである加工対象物 1 の厚さが $100\ \mu\text{m}$ の場合、切断起点領域 8 に対して表面 3 側に位置する非改質領域 1a の厚さ方向の幅（以下、単に「幅」という）は $20\ \mu\text{m}$ 、切断起点領域 8（すなわち改質領域 7）の幅は $40\ \mu\text{m}$ 、切断起点領域 8 に対して裏面 21 側に位置する非改質領域 1b の幅は $40\ \mu\text{m}$ である。また、加工
- 20 対象物 1 の厚さが $50\ \mu\text{m}$ の場合、非改質領域 1a の幅は $10\ \mu\text{m}$ 、切断起点領域 8 の幅は $20\ \mu\text{m}$ 、非改質領域 1b の幅は $20\ \mu\text{m}$ である。

- なお、このような「切断起点領域 8 が中心線 CL を跨いで位置する場合」の他に、「中心線 CL から表面 3 側に偏倚した切断起点領域 8」の態様として、例え
- 25 ば次のような 2 つの場合がある。すなわち、図 20 に示すように「切断起点領域 8 の全ての部分が中心線 CL に対して表面 3 側に位置する場合」と、図 21 に示

すように「切断起点領域 8 a, 8 b が表面 3 側と裏面 2 1 側とに 2 本形成され、裏面 2 1 側の切断起点領域 8 b が中心線 C L 上に位置し、表面 3 側の切断起点領域 8 a が切断起点領域 8 b と表面 3 との間に位置する場合」である。

例えば、図 2 0 の場合は、加工対象物 1 の厚さが $100\text{ }\mu\text{m}$ 、非改質領域 1 a の幅が $30\text{ }\mu\text{m}$ 、切断起点領域 8 の幅が $10\text{ }\mu\text{m}$ 、非改質領域 1 b の幅が $60\text{ }\mu\text{m}$ である。また、図 2 1 の場合は、加工対象物 1 の厚さが $200\text{ }\mu\text{m}$ 、非改質領域 1 a の幅が $20\text{ }\mu\text{m}$ 、切断起点領域 8 a の幅が $40\text{ }\mu\text{m}$ 、切断起点領域 8 a, 8 b 間に位置する非改質領域 1 c の幅が $20\text{ }\mu\text{m}$ 、切断起点領域 8 b の幅が $40\text{ }\mu\text{m}$ 、非改質領域 1 b の幅が $80\text{ }\mu\text{m}$ である。

また、上述の切断起点領域形成工程では、レーザ光 L が切断予定ライン 5 上を走査されるが、この切断予定ライン 5 は、隣り合う機能素子 1 7, 1 7 間を通るように格子状に設定される（図 1 6 参照）。そして、この加工対象物 1 に対する切断予定ライン 5 の位置データは、例えばレーザ加工装置 1 0 0 の全体制御部 1 2 7 内の記憶部に記憶される。

切断起点領域形成工程の後、図 2 2 に示すように、拡張フィルム 1 9 を介して加工対象物 1 の裏面（他端面） 2 1 側から押圧手段としてのナイフエッジ 2 3 を加工対象物 1 に押し当て、切断起点領域 8 を起点として割れ 2 4 を発生させて、この割れ 2 4 を加工対象物 1 の表面 3 と裏面 2 1 とに到達させる（押圧工程）。これにより、加工対象物 1 は、機能素子 1 7 を 1 つ有する個々の半導体チップ 2 5 に分割されていく。

この押圧工程では、記憶部に記憶されていた切断予定ライン 5 の位置データが読み出され、この位置データに基づいてナイフエッジ 2 3 が制御されて、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 にナイフエッジ 2 3 が押し当てられ、これにより、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 が押圧されることになる。

このように、切断起点領域形成工程において、加工対象物 1 に対する切断予定ライン 5 の位置データを記憶し、押圧工程において、その位置データに基づいて

切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 を押圧することで、基板 1 の内部に形成された切断起点領域 8 に対して容易且つ正確に押圧力を作用させることができる。そして、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 を押圧することで、機能素子 1 7 毎に正確に加工対象物 1 を切断することができ、しかも、機能素子 1 7 への押圧力の作用をほぼなくすることができる。

図 2 2 に示す押圧工程のように、改質領域 7 が加工対象物 1 の表面 3 近傍に位置する場合には、改質領域 7 でもって形成された切断起点領域（切断予定部） 8 に沿うよう加工対象物 1 の裏面 2 1 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて、加工対象物 1 を割って切断する。これは、ナイフエッジ 2 3 の押し当てにより生じる曲げ応力のうち大きな引張応力が改質領域 7 に作用するため、比較的小さな力で加工対象物 1 を切断することができるからである。

加工対象物 1 を押圧した後、図 2 3 に示すように、拡張フィルム 1 9 を外方側にエキスパンドして各半導体チップ 2 5 を互いに離間させる。このように拡張フィルム 1 9 を用いて各半導体チップ 2 5 を互いに離間させることで、半導体チップ 2 5 のピックアップの容易化を図ることができる。

以上説明したように、実施例 1 に係る加工対象物切断方法においては、多光子吸収により形成される改質領域 7 によって、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 の内部に切断起点領域 8 を形成する。このとき、多光子吸収は加工対象物 1 の内部で局所的に発生し、加工対象物 1 の表面 3 や裏面 2 1 ではレーザ光 L がほとんど吸収されないため、レーザ光 L の照射による表面 3 及び裏面 2 1 の溶融を防止することができる。そして、加工対象物 1 の中心線 C L から表面 3 側に偏倚して切断起点領域 8 が形成されているため、ナイフエッジ 2 3 によって裏面 2 1 側から加工対象物 1 を押圧すると、中心線 C L 上に切断起点領域 8 が形成されている場合に比べ、小さな押圧力で切断起点領域 8 を起点として加工対象物 1 に割れ 2 4 を発生させることができる。したがって、切断予定ライン 5 から外れた不必要な割れの発生を防止して加工対象物 1 を切断予定ライン 5 に沿って精度良く

切断することが可能になる。

5 なお、図 1 6 及び図 1 7 に示す加工対象物 1 において、隣り合う機能素子 1 7
、 1 7 間に（すなわち、切断予定ライン 5 上に）静電気対策などのための金属膜
が形成されており、加工対象物 1 の表面 3 側からのレーザ光 L の照射が困難な場
合には、次のように切断起点領域 8 を形成することができる。すなわち、図 2 4
10 に示すように、拡張フィルム 1 9 を貼り付ける前に、加工対象物 1 の表面 3 側に
機能素子 1 7 を保護するための保護フィルム 2 0 を貼り付け、例えば上述のレー
ザ加工装置 1 0 0 の載置台 1 0 7 上に、加工対象物 1 の裏面 2 1 側が集光用レン
ズ 1 0 5 に対面するように加工対象物 1 を載置する。そして、加工対象物 1 の内
部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を照射し、加工対象物 1 の内部に改質領域 7
を形成し、この改質領域 7 によって、中心線 C L から加工対象物 1 の表面 3 側に
15 偏倚した切断起点領域 8 を切断予定ライン 5 に沿って形成する。

〔実施例 2〕

15 本発明に係る加工対象物切断方法の実施例 2 について説明する。なお、図 2 5
～図 2 7 は、図 1 6 に示す加工対象物 1 の XVII—XVII 線に沿った部分断面図であ
る。

20 上述した実施例 1 と同様に、図 1 6 及び図 1 7 に示す加工対象物 1 を作製し、
この加工対象物 1 の表面（レーザ光入射面）3 から所定距離内側に切断起点領域
8 を切断予定ライン 5 に沿って形成する（切断起点領域形成工程）。実施例 2 に
おける切断起点領域形成工程では、図 2 5 に示すように、加工対象物 1 の厚さ方
向における中心位置を通る中心線 C L から、裏面（一端面）2 1 側に偏倚した切
断起点領域 8 を切断予定ライン 5 に沿って形成する。

25 続いて、図 2 6 に示すように、加工対象物 1 の表面 3 側に保護フィルム 2 0 を
貼り付け、この保護フィルム 2 0 により機能素子 1 7 を覆う。そして、拡張フィ
ルム 1 9 を介して加工対象物 1 の表面（他端面）3 側からナイフエッジ 2 3 を加
工対象物 1 に押し当て、切断起点領域 8 を起点として割れ 2 4 を発生させて、こ

の割れ 2 4 を加工対象物 1 の表面 3 と裏面 2 1 とに到達させる（押圧工程）。これにより、加工対象物 1 は、機能素子 1 7 を 1 つ有する個々の半導体チップ 2 5 に分割されていく。

5 この押圧工程においても、実施例 1 と同様に、記憶部に記憶されていた切断予定ライン 5 の位置データが読み出され、この位置データに基づいてナイフエッジ 2 3 が制御されて、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 にナイフエッジ 2 3 が押し当てられ、これにより、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 が押圧されることになる。

10 図 2 6 に示す押圧工程のように、改質領域 7 が加工対象物 1 の裏面 2 1 近傍に位置する場合には、改質領域 7 でもって形成された切断起点領域（切断予定部）8 に沿うよう加工対象物 1 の表面 3 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて、加工対象物 1 を割って切断する。これは、ナイフエッジ 2 3 の押し当てにより生じる曲げ応力のうち大きな引張応力が改質領域 7 に作用するため、比較的小さな力で加工対象物 1 を切断することができるからである。

15 続いて、加工対象物 1 から保護フィルム 2 0 を剥がし取り、実施例 1 と同様に、拡張フィルム 1 9 を外方側にエキスパンドして各半導体チップ 2 5 を互いに離間させて、各半導体チップ 2 5 のピックアップを行う。

20 以上説明したように、実施例 2 に係る加工対象物切断方法においては、加工対象物 1 の中心線 C L から裏面 2 1 側に偏倚して切断起点領域 8 が形成される。このため、ナイフエッジ 2 3 によって表面 3 側から加工対象物 1 を押圧すると、中心線 C L 上に切断起点領域 8 が形成されている場合に比べ、小さな押圧力で切断起点領域 8 を起点として加工対象物 1 に割れ 2 4 を発生させることができる。したがって、切断予定ライン 5 から外れた不必要な割れの発生を防止して加工対象物 1 を切断予定ライン 5 に沿って精度良く切断することが可能になる。しかも、
25 小さな押圧力によって加工対象物 1 を切断することが可能となることから、表面 3 側から加工対象物 1 を押圧した際の機能素子 1 7 への影響を軽減することがで

きる。

5 なお、加工対象物 1 において、隣り合う機能素子 17, 17 間に静電気対策などのための金属膜が形成されており、加工対象物 1 の表面 3 側からのレーザ光 L の照射が困難な場合には、図 27 に示すように、上述した実施例 1 と同様の方法によって、加工対象物 1 の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を照射し、加工対象物 1 の内部に改質領域 7 を形成し、この改質領域 7 によって、中心線 C L から加工対象物 1 の裏面 2 1 側に偏倚した切断起点領域 8 を切断予定ライン 5 に沿って形成する。

10 本発明は上記実施形態には限定されない。例えば、実施例 1 及び実施例 2 の押圧工程では、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 の表面 3 側又は裏面 2 1 側を押圧したが、ローラ等を用いて加工対象物 1 の表面 3 側又は裏面 2 1 側の全体を押圧してもよい。この場合にも、切断起点領域 8 を起点として割れ 24 が発生するため、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 を効率良く切断することができる。また、加圧ニードル等を用いて加工対象物 1 の表面 3 側又は裏面 2 1 側の一部分（例えば機能素子 17 毎の部分）を順次押圧していてもよい。なお、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 を押圧する手段としては、上述のナイフエッジ 23 の他にカッタ等がある。

産業上の利用可能性

20 以上説明したように、本発明に係る加工対象物切断方法によれば、加工対象物を精度良く切断することが可能になる。

請求の範囲

1. ウェハ状の加工対象物の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、前記加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、前記加工対象物の厚さ方向における中心位置から前記加工対象物の一端面側に
5 偏倚した切断起点領域を前記加工対象物の切断予定ラインに沿って形成する切断起点領域形成工程と、

前記加工対象物の他端面側から前記加工対象物を押圧する押圧工程とを備えることを特徴とする加工対象物切断方法。

2. 前記押圧工程では、前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物を押圧する
10 ことを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の加工対象物切断方法。

3. 前記切断起点領域形成工程では、前記加工対象物に対する前記切断予定ラインの位置データを記憶し、

- 前記押圧工程では、前記位置データに基づいて、前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物を押圧することを特徴とする請求の範囲第 2 項記載の加工対象物
15 切断方法。

図1

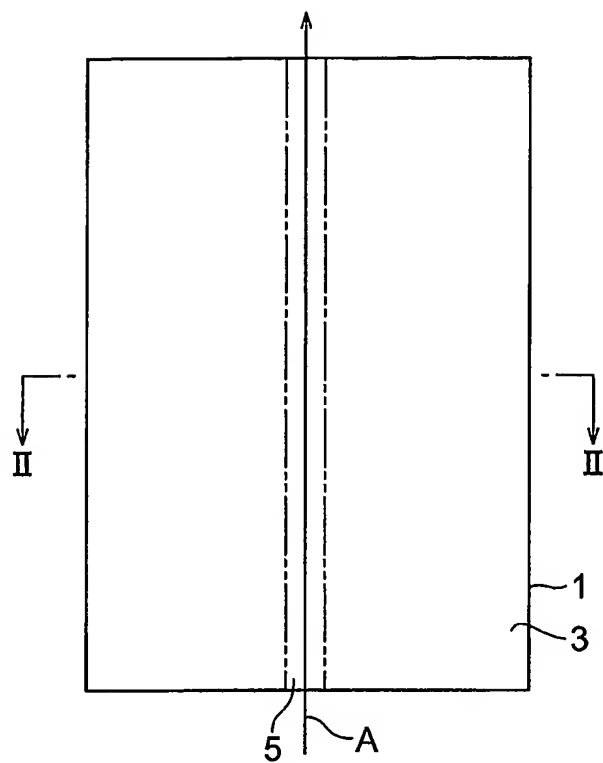


図2

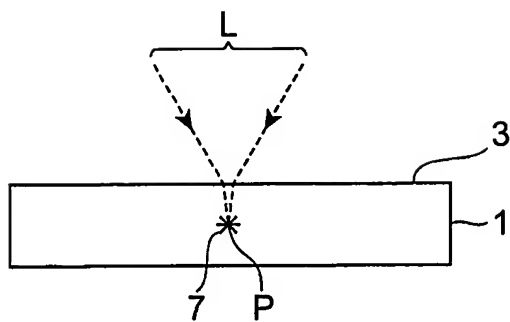


図3

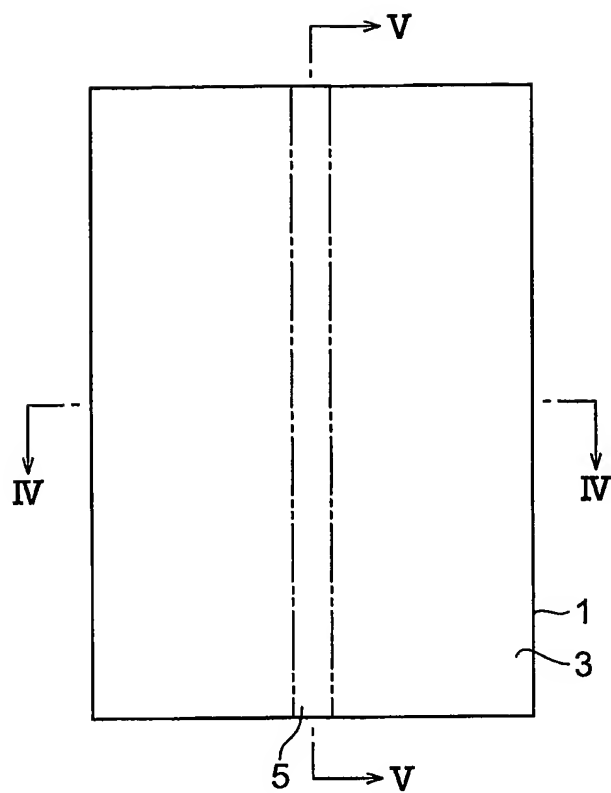


図4

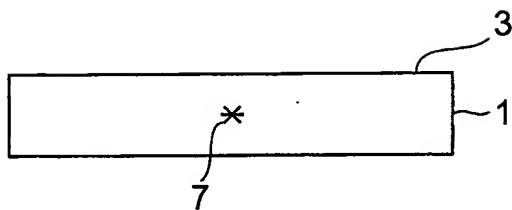


図5

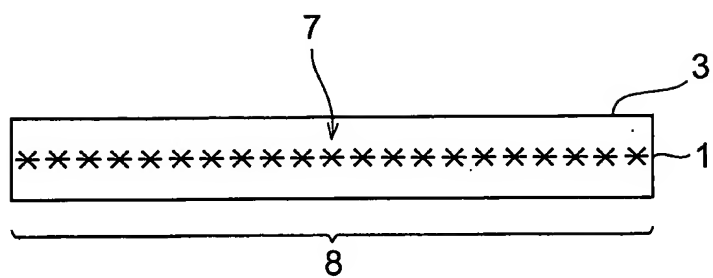


図6

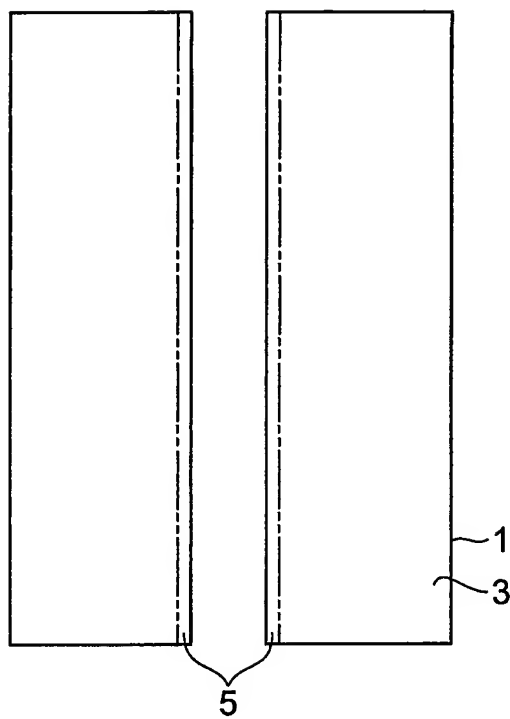


図7

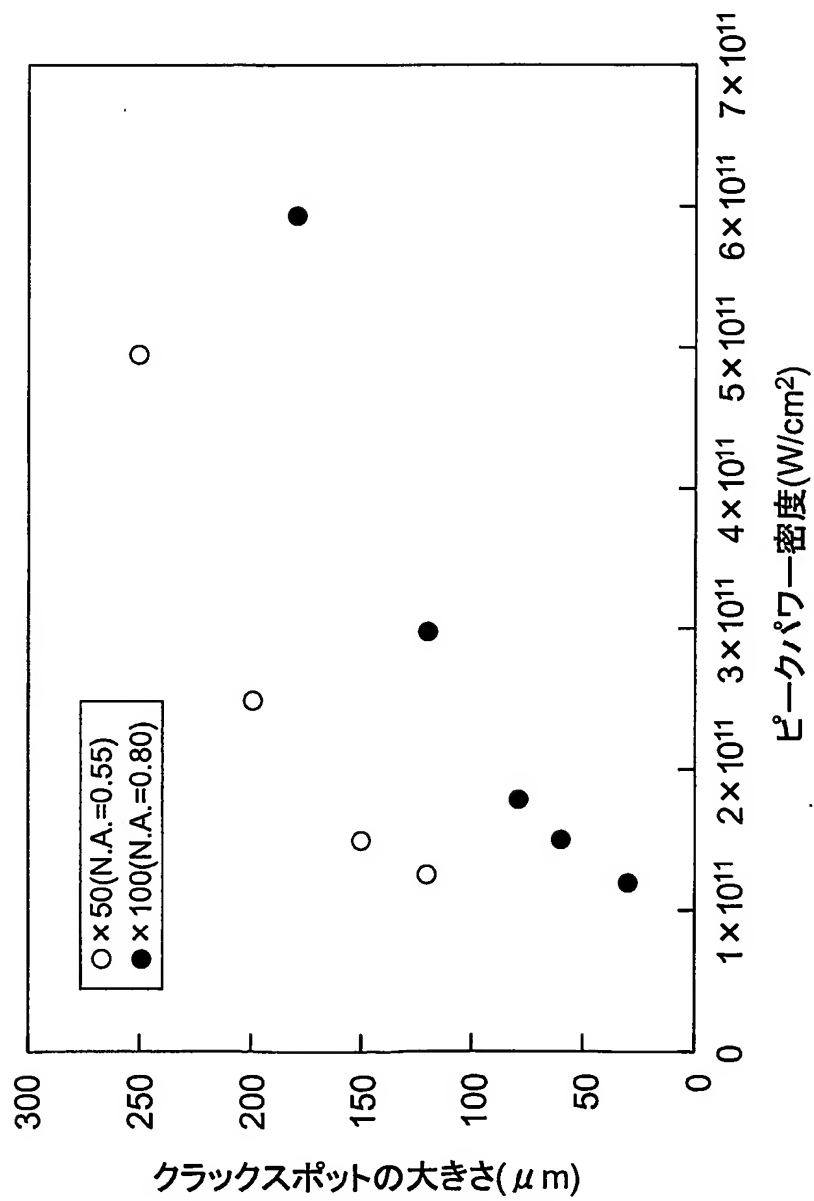


図8

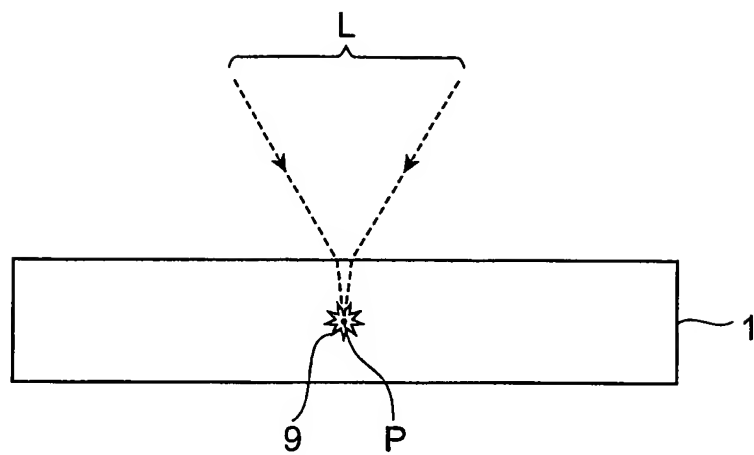


図9

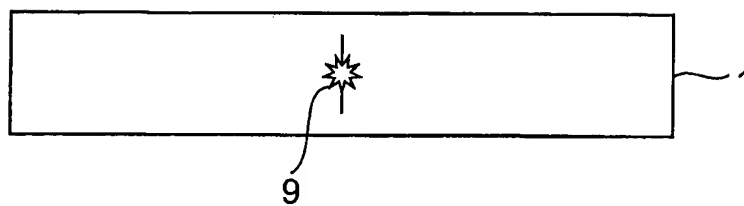


図10

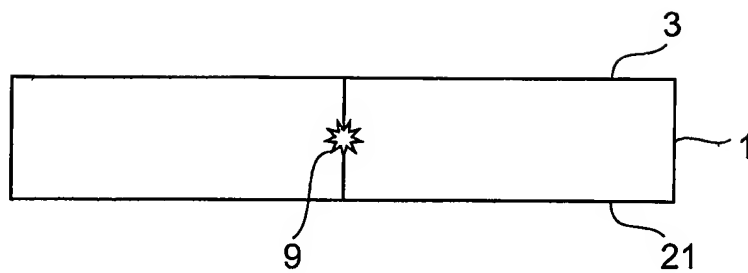


図11

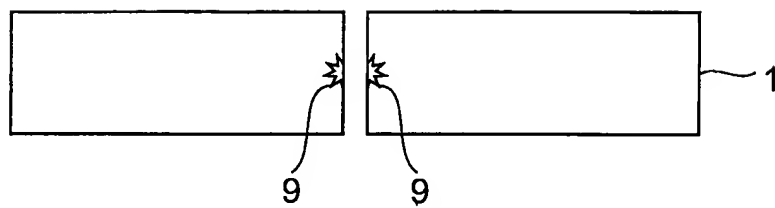


図12

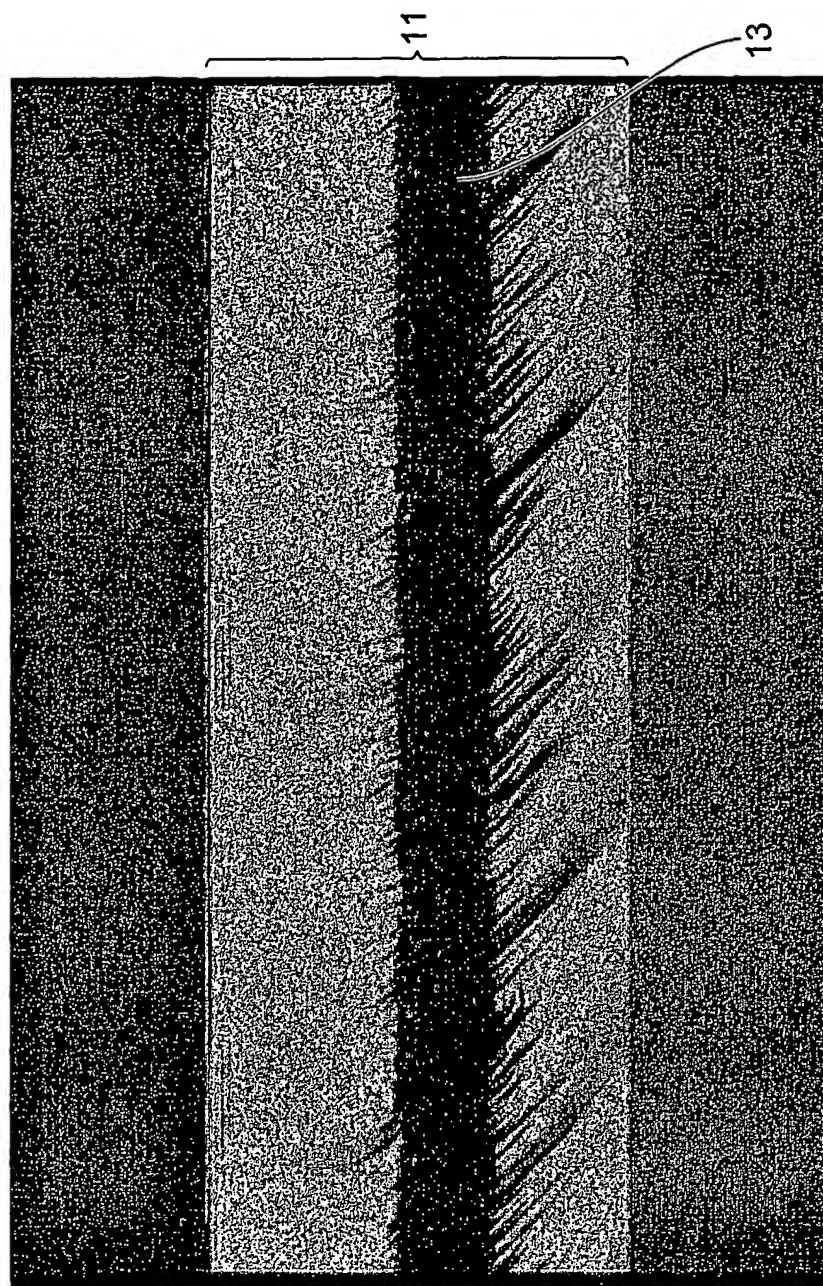
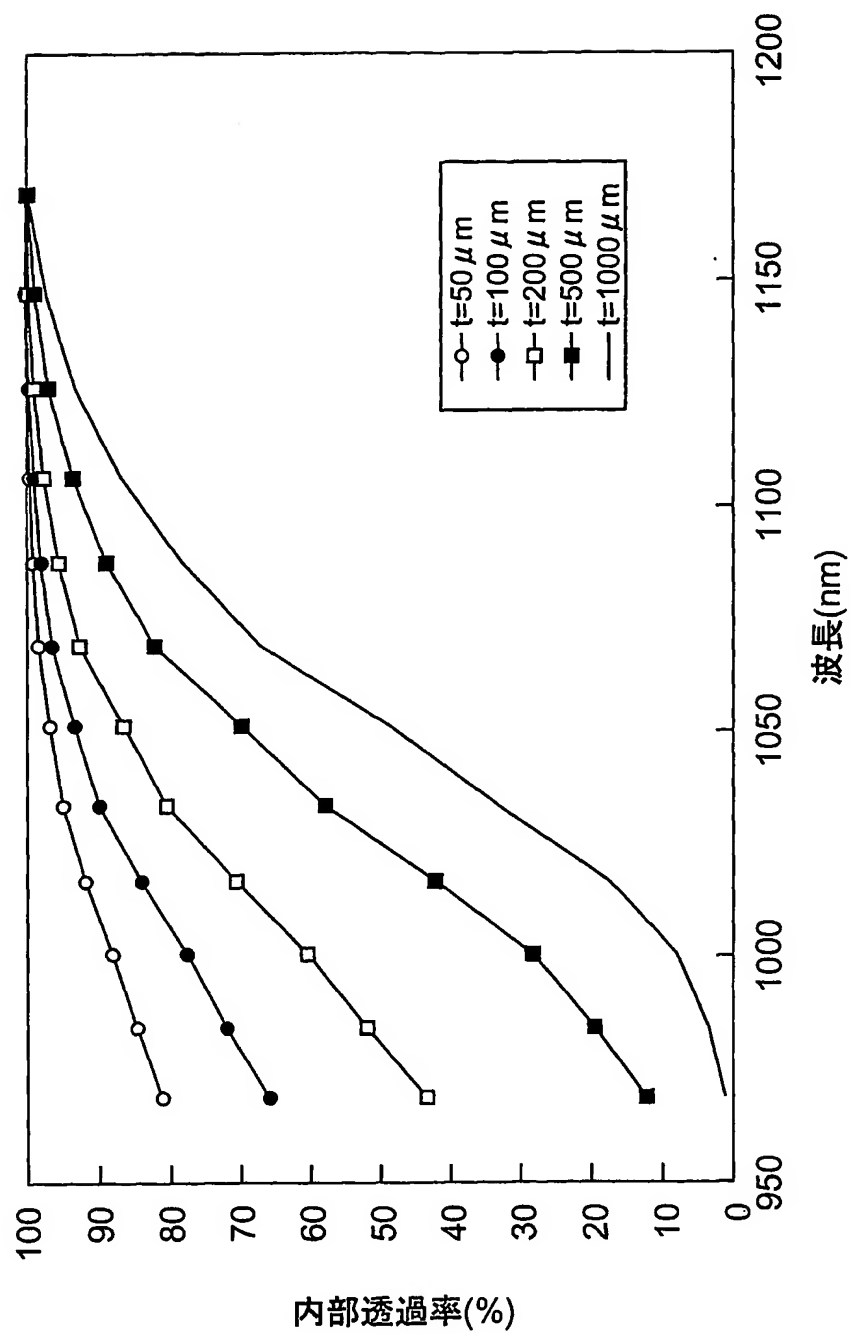


図13



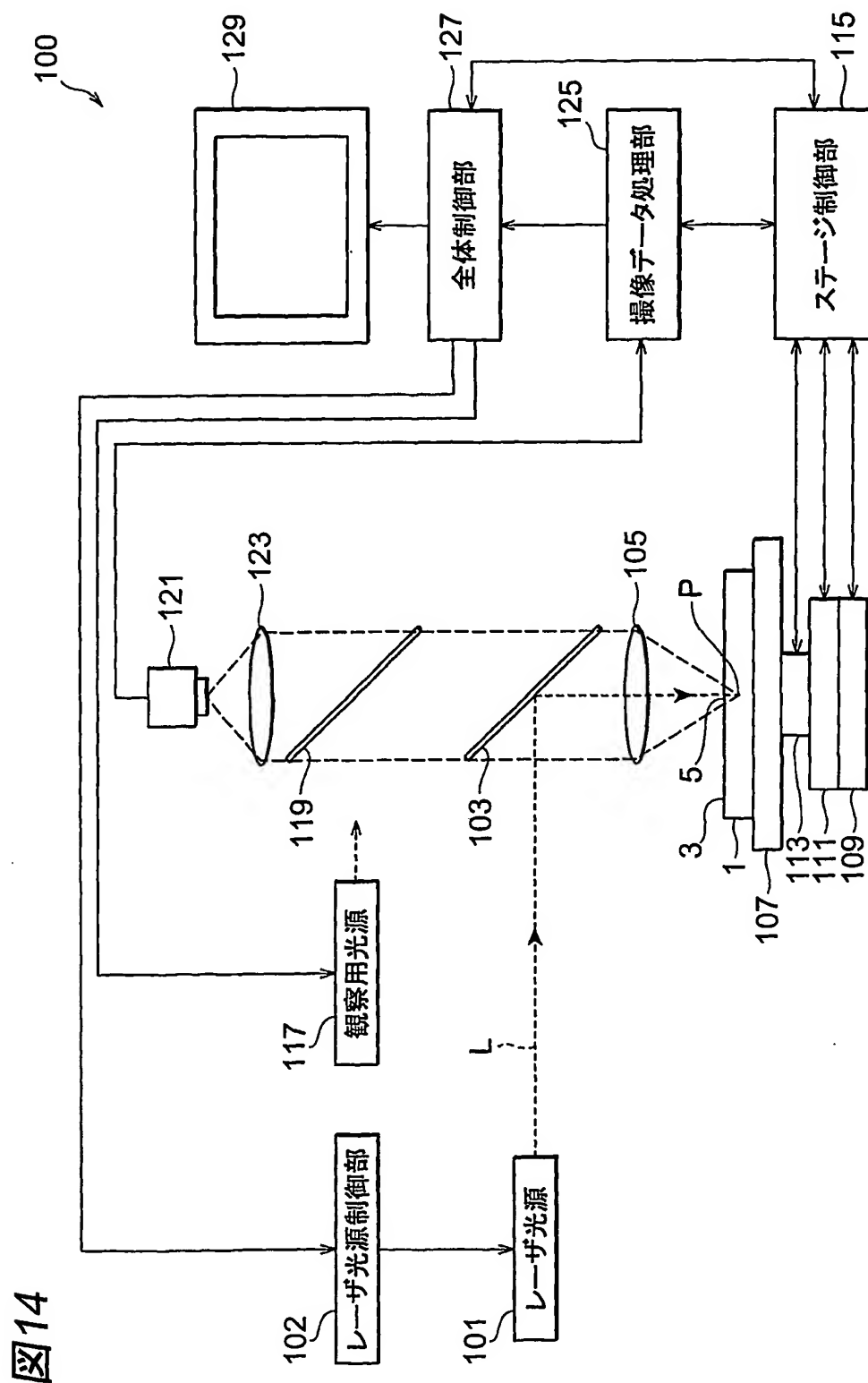


図15

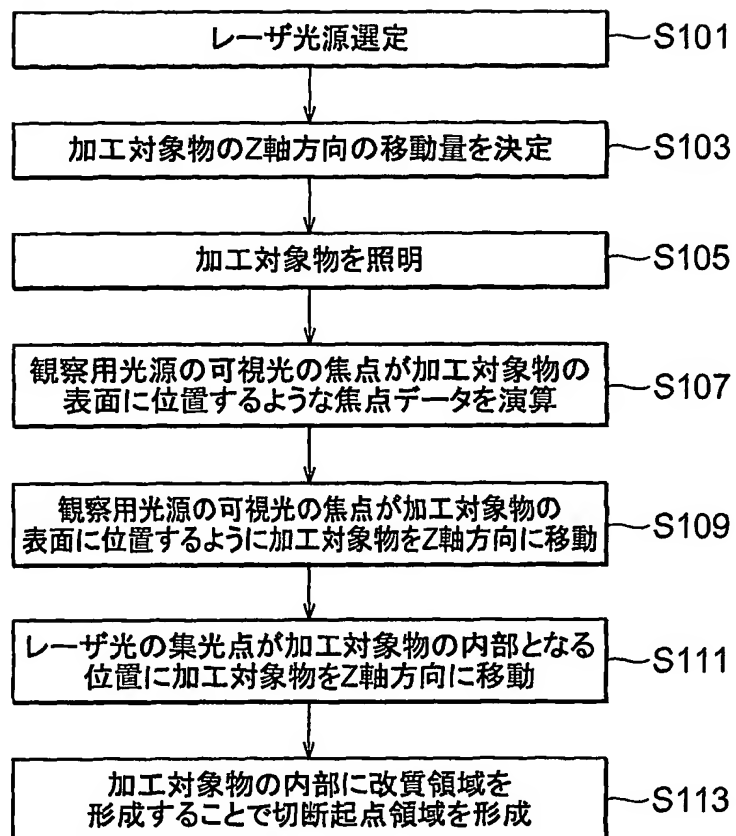


図16

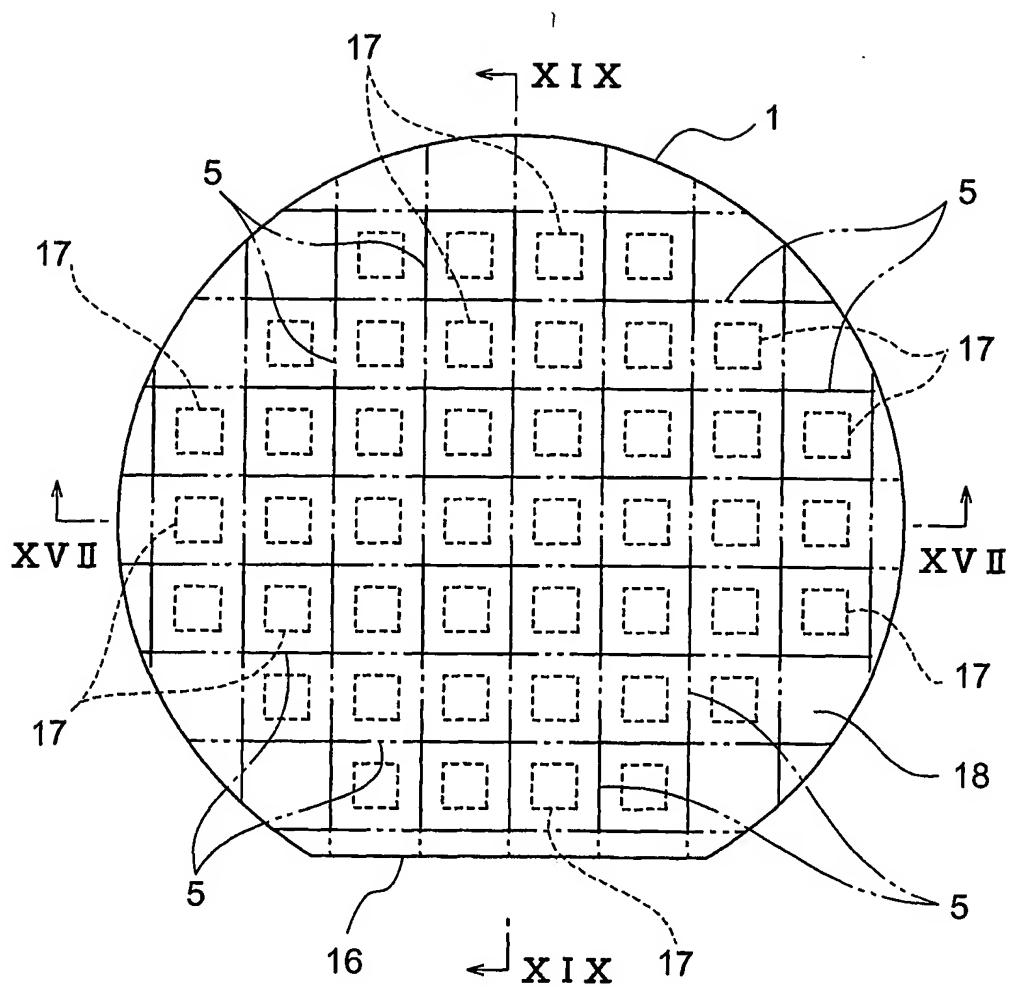


図17

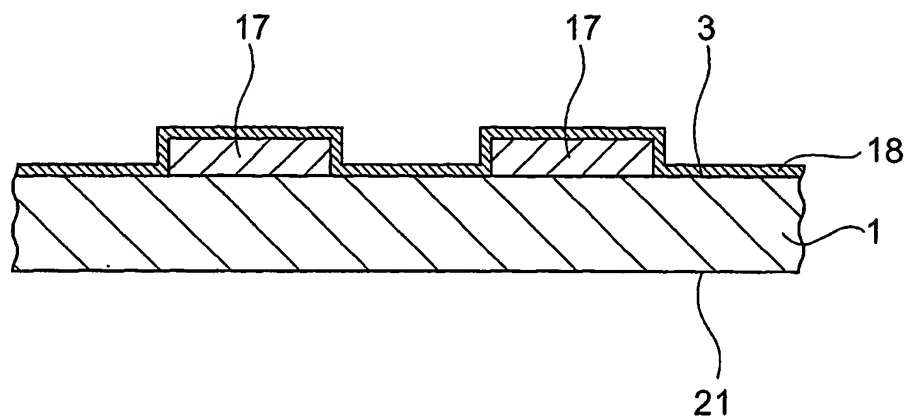


図18

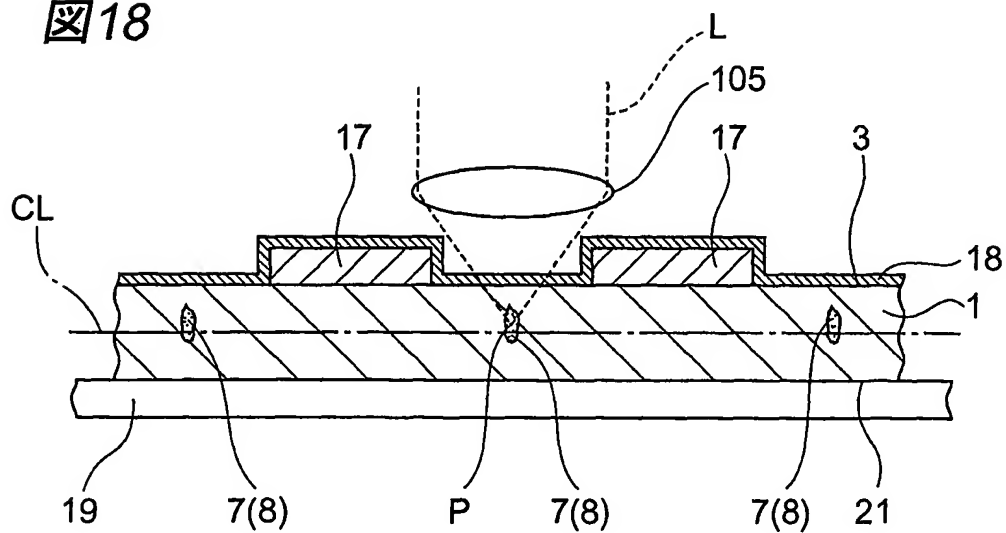


図19

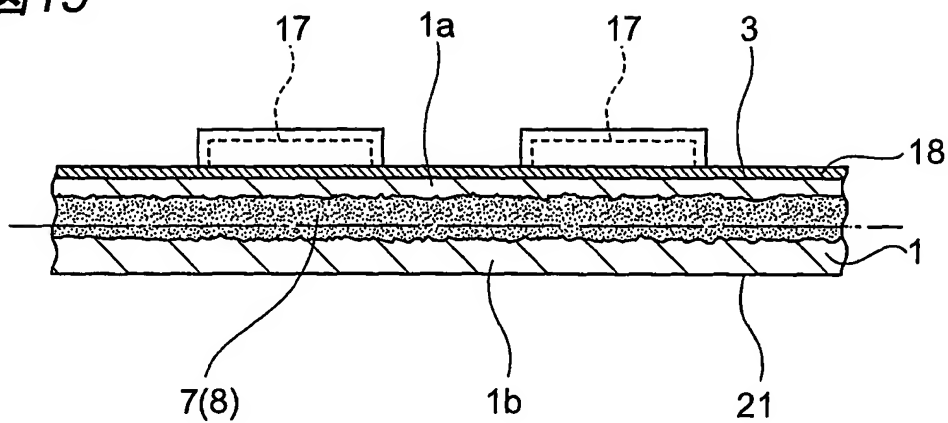


図20

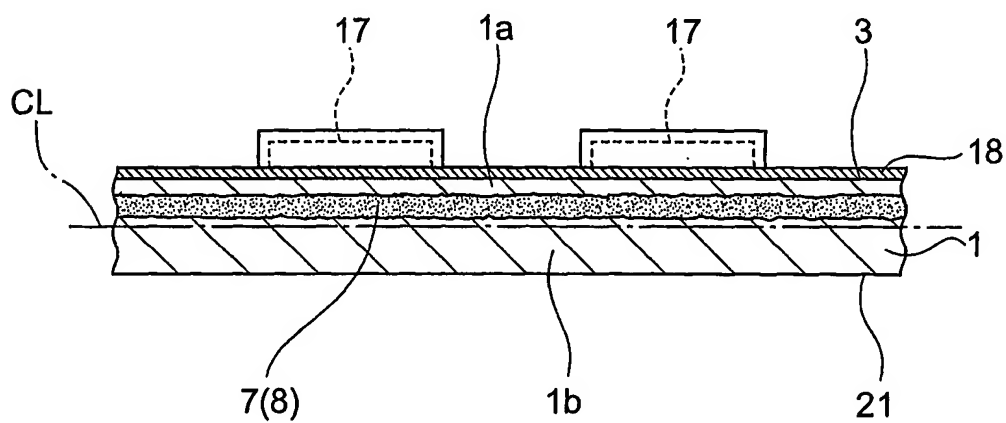


図21

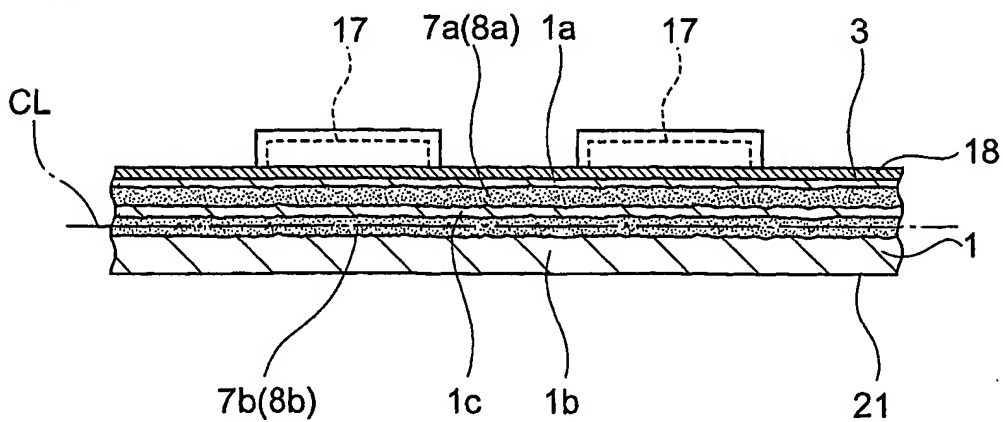


図22

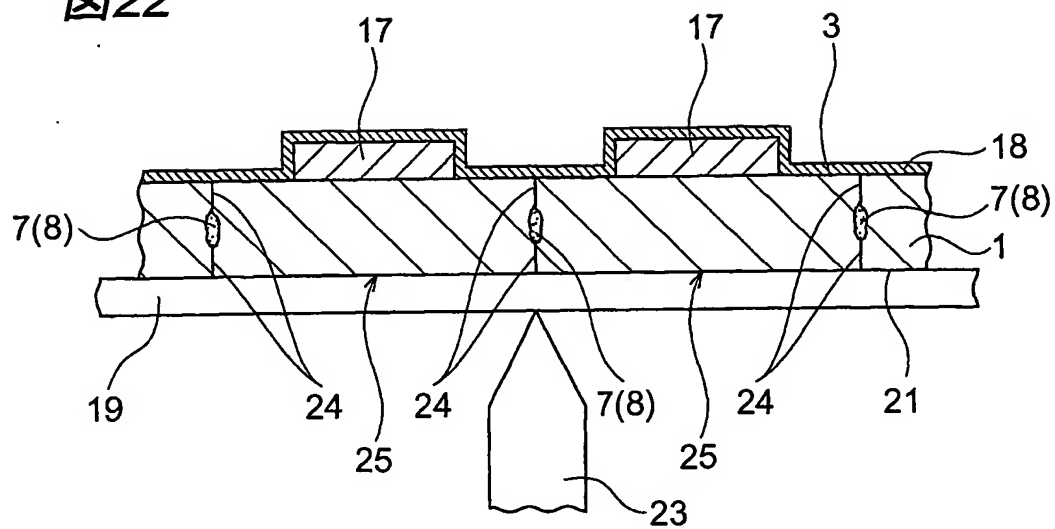


図23

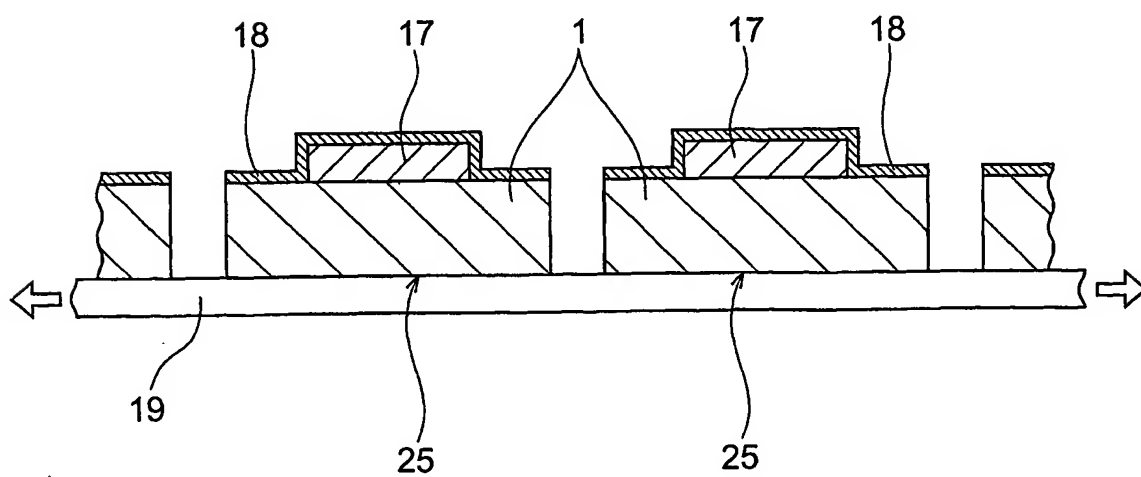


図24

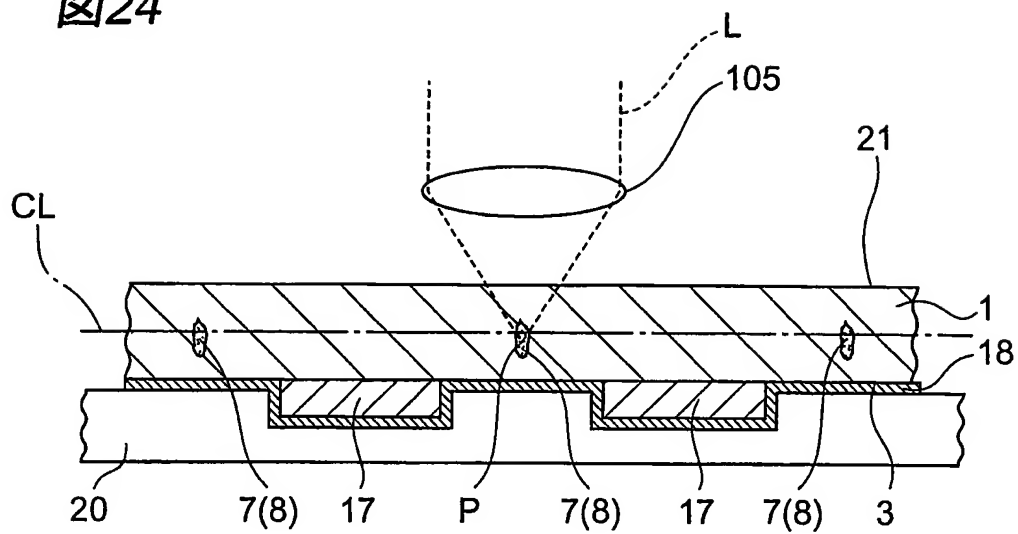


図25

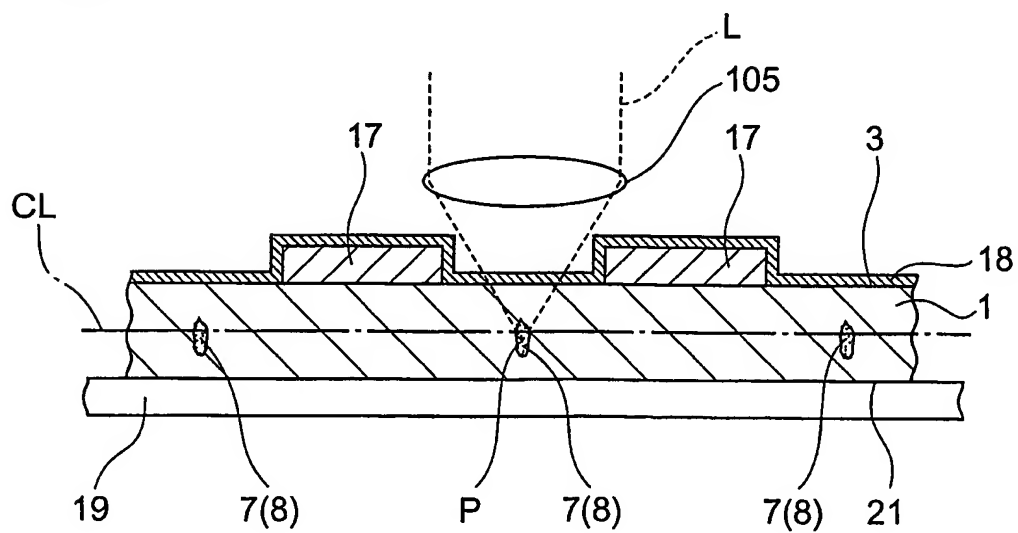


图26

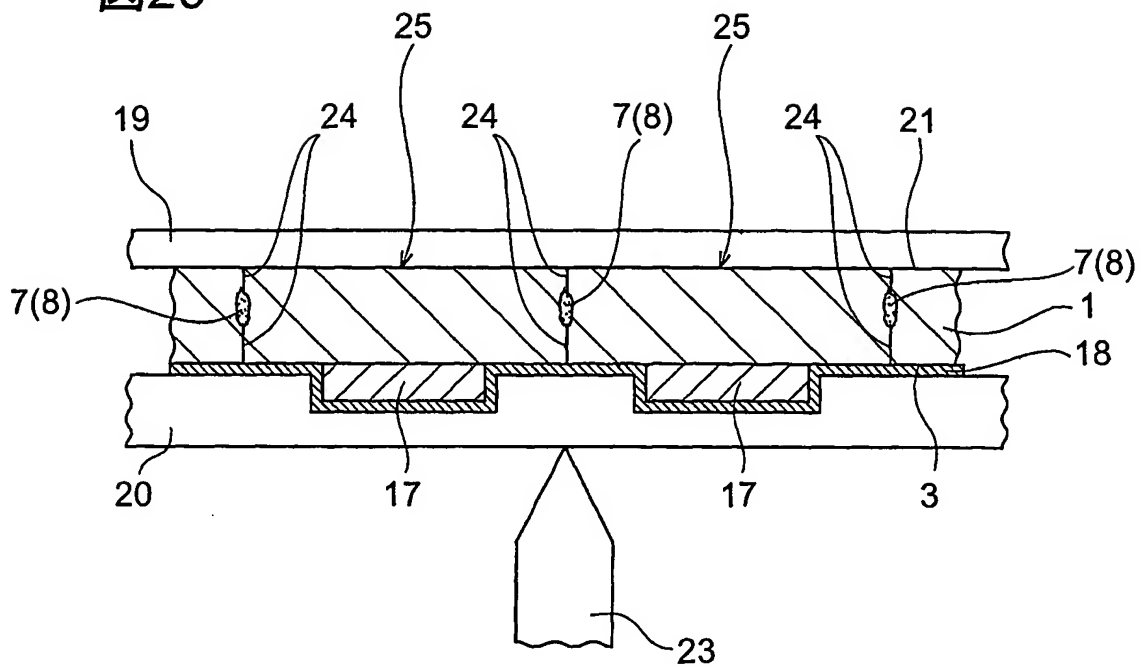
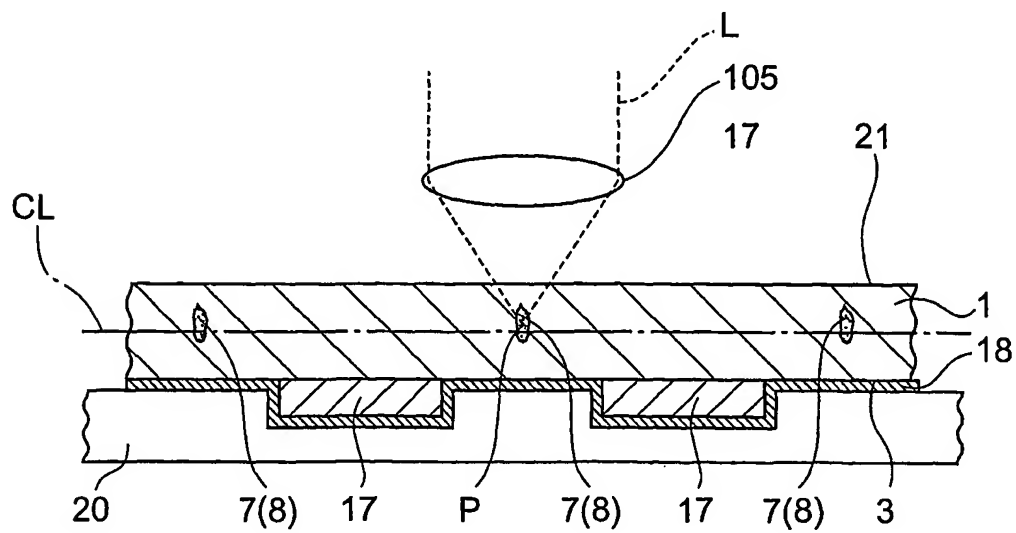


图27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/02867

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B23K26/38, B28D5/00, H01L21/301

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B23K26/38, B28D5/00, H01L21/301

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-111800 A (Nippon Sekiei Glass Co., Ltd.), 13 April, 1992 (13.04.92), Page 2, upper right column, line 16 to lower right column, line 7; Fig. 1 (Family: none)	1-3
A	JP 10-305420 A (Nippon Glass Co., Ltd.), 17 November, 1998 (17.11.98), Claims; detailed explanation of the invention; Par. Nos. [0021] to [0024]; Figs. 1, 3 (Family: none)	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 June, 2003 (04.06.03)	Date of mailing of the international search report 24 June, 2003 (24.06.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/02867

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5211805 A (Rangaswamy SRINIVASAN), 18 May, 1993 (18.05.93), Column 1, lines 6 to 10, 42 to 45; column 4, lines 60 to 68; column 8, line 59 to column 9, line 2; Figs. 1 to 4 & JP 6-198475 A	1-3
A	JP 2000-124537 A (Sharp Corp.), 28 April, 2000 (28.04.00), Claims; all drawings (Family: none)	1-3
A	Katsuyoshi MIDORIKAWA "Femto-byo Laser no Genjo to Kako Oyo", Dai 45 kai Laser-netsu Kako Kenkyukai Ronbunshu, December, 1998, ISBN 4-947684-21-6, 3.4Local Machining by Nonlinear Effect, 5.4Modifying Transparent Material	1-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K26/38, B28D5/00, H01L21/301

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K26/38, B28D5/00, H01L21/301

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 4-111800 A(日本石英硝子株式会社)1992. 04. 13, 第2頁右上欄第16行-第2頁右下欄第7行, 第1図 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 10-305420 A(日本硝子株式会社)1998. 11. 17, 特許請求の範囲, 発明の詳細な説明【0021】-【0024】, 第1, 3図 (ファミリーなし)	1-3
A	US 5211805 A(Rangaswamy SRINIVASAN)1993. 05. 18, 第1欄第6-10行, 第1欄第42-45行, 第4欄第60-68行, 第8欄第59行-第9欄第2行, 第1-4図 & JP 6-198475 A	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.06.03

国際調査報告の発送日

24.06.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 昌人

3 P

9 2 5 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3362

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-124537 A(シャープ株式会社)2000.04.28, 特許請求の範囲, 全図 (ファミリーなし)	1-3
A	緑川 克美, フェムト秒レーザの現状と加工応用, 第45回レーザ 熱加工研究会論文集, 1998.12, ISBN 4-947684-21-6, 3.4非線形効 果による局所的加工, 5.4透明材料の改質	1-3